

# **Relatório de Testes de Campo em Pirenópolis/GO**

## **Convivência da TVD com o LTE700**

### **Contribuições aos Relatórios da Anatel**

#### **Entidades Participantes**

Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações, ABERT - Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão, ABRATEL - Associação Brasileira de Rádio e Televisão, CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, Huawei, Inatel – Instituto Nacional de Telecomunicações de Santa Rita do Sapucaí, JDSU, Oi, Proeletronic, Qualcomm, Rede Globo, Rede Record, Screen Service, SET - Sociedade de Engenharia de Televisão, Sinditelebrasil – Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal, Telefonica-Vivo e TIM Brasil.

#### **1. Objetivo**

Os testes têm por objetivo a complementação e o esclarecimento de dúvidas em relação aos realizados entre janeiro e abril de 2014, sob a coordenação da Anatel.

Estes testes foram realizados em esforço conjunto dos setores impactados pela nova destinação da faixa espectral de 700 MHz, ao longo do mês de maio de 2014, com o mesmo rigor metodológico e correlação com os testes coordenados pela Anatel.

Tal como nos testes coordenados pela Agência, objetivou-se fornecer contribuições ao Regulamento sobre condições de convivência entre o serviço de radiodifusão de sons e imagens do SBTVD e os serviços de radiocomunicação operando na faixa de 698 MHz a 806 MHz e, por conseguinte, ao Edital de Licitação da Faixa de 700 MHz.

Ressalta-se que o esforço para a realização destes testes foi motivado pela expectativa de obtenção de resultados adicionais aos obtidos nos testes coordenados pela Anatel, de modo a possibilitar uma análise mais segura para a convivência entre os sistemas de radiodifusão e de banda larga (LTE) na faixa de 698 MHz a 806 MHz.

## 2. Escopo

Foram realizados testes na infraestrutura montada em Pirenópolis/GO, que se entende ser particularizada, segundo as condições morfológicas do município, bem como, dos sistemas instalados para a TVD e para o LTE. Nestes testes se objetivou avaliar a convivência nos seguintes cenários:

- i. Avaliação do ACLR (*Adjacent Channel Leakage Ratio*) com 100% de carregamento
  - a) Teste de *Downlink*: verificar as emissões indesejáveis oriundas da eNodeB em modo *Idle* e com 100% de carregamento que se sobreponham na faixa de TVD;
  - b) Teste de *Uplink*: verificar as emissões indesejáveis oriundas dos terminais de usuário (UE e CPE) com 100% de carregamento que se sobreponham na faixa de TVD.
- ii. Interferência do LTE na TVD:
  - a) Teste de *Downlink*: interferência causada pela transmissão do eNodeB LTE no modo *Idle* nas recepções de TVD;
  - b) Teste de *Uplink*: interferência causada pela transmissão do terminal móvel LTE com 100% de carregamento nas recepções de TVD.
- iii. Avaliação de Mitigação da Interferência do:
  - a) *Downlink* LTE com 100% de carregamento;
  - b) *Uplink* LTE com 100% de carregamento.
- iv. Avaliação da degradação do MER (Taxa de Erro de Modulação) da recepção de TVD com uso de filtro.
- v. Interferência do terminal móvel em competição de tráfego

### 3. Referências

- Relatório do Teste em Campo sobre a Convivência do LTE na faixa de 700 MHz com ISDB-T (Anatel 04/2014).
- Relatório de Teste Laboratorial de Interferência do LTE na faixa de 700 MHz no ISDB-T (Anatel 04/2014).
- Anexo à Resolução nº 625, de 11 de novembro de 2013 - Aprova a Atribuição, a Destinação e o Regulamento sobre Condições de Uso de Radiofrequências na Faixa de 698 MHz a 806 MHz.
- Norma ABNT 15604 – Televisão Digital Terrestre – Receptores.
- Norma ABNT 15601 – Televisão Digital Terrestre – Sistema de Transmissão.
- Recommendation ITU-R BT.1368-10: Planning criteria, including protection ratios, for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands.
- Report ITU-R BT.2035: Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems.
- Report ITU-R BT.2215-3: Measurements of protection ratios and overload thresholds for broadcast TV receivers.
- Report ITU-R BT.2247-2: Field measurement and analysis of compatibility between DTTB and IMT BT Series Broadcasting service (television).
- Annex 6 to Joint Task Group 5-6 Chairman's Report – Methodologies (Including Interference Objectives) for Sharing Studies between the Mobile Service, on the one Hand, and the Terrestrial Broadcasting, on the other Hand, in the Band 790-862 MHz.
- 3GPP TS 36.141 V9.9.0 (2011-09) - 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) conformance testing (Release 9).
- 3GPP TS 36.104 V11.1.0 (2012-07) - 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 11).
- 3GPP TS 36.521-1 V10.4.0 (2012-12) - 3rd Generation Partnership Project; Technical specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA).User Equipment (UE) conformance specification Radio transmission and reception Part 1: Conformance Testing; (Release 10).
- 3GPP TS 36.101 (V11.1.0) (2012-07) - 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception.
- 3GPP TR 36. 820 (V11.2.0) (2013-01) - 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; LTE for 700 MHz digital dividend.

- 3GPP TS 23.002 - 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Network architecture (Release 10).
- 3GPP TS 36.401 - LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Architecture description (3GPP TS 36.401 version 8.6.0 Release 8).
- European Radiocommunications Committee: A Comparison of the Minimum Coupling Loss Method, Enhanced Minimum Coupling Loss Method, And the Monte-Carlo Simulation.
- Application Note – 1MA176\_3e Rohde & Schwarz: Coexistence Digital TV and LTE.
- APT Report: Implementation Issues Associated with Use of the band 698-806 MHz by Mobile Services.
- Relatório de Teste para Determinação da Relação de Proteção e Limiar de Bloqueio dos Receptores de Televisão Digital Terrestre ISDB-TB com a Introdução do Serviço Móvel na Faixa de 700 MHz. Laboratório de Pesquisas em TV Digital da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, de 04 de novembro de 2013.
- Considerações da SET sobre os testes de interferência do sinal LTE na recepção de TV Digital na faixa de UHF – Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão – 10/02/2014.
- Relatório Técnico - Convivência do LTE com a TV Digital Terrestre: consolidação de Testes Laboratoriais e Benchmarking Internacional - Fundação CPqD Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações.
- Sítio eletrônico: [iperf.fr](http://iperf.fr), ferramenta de medição de performance de redes.

#### 4. Descrição dos Sistemas em teste

O ambiente de testes é o mesmo disposto no item 2 do Relatório do Teste em Campo sobre a Convivência do LTE na faixa de 700 MHz com ISDB-T (04/2014).

Os sistemas de transmissão e recepção descritos a seguir foram posicionados nos mesmos pontos estabelecidos pela Anatel conforme tabela 1.

Tabela 1. Pontos de teste em Pirenópolis.

Local	Latitude (S)	Longitude (O)	Cota (m)	Altura do centro da antena (m)
Transmissor TVD	15°50'01.70"	48°57'50.08"	1019	36,5
ERB LTE	15°51'18.80"	48°57'33.90"	787	12,4
Ponto de Medida 1	15°51'19.00"	48°57'36.60"	787	12,0 (*)
Ponto de Medida 2	15°51'17.10"	48°57'34.30"	788	12,0 (*)
Site Fixo	15°51'25.80"	48°57'35.30"	790	10,0 (**)

(\*) Antena externa fixada no mastro telescópico da unidade de medida.

(\*\*) Antena externa fixada no site fixo

A Figura 1 apresenta os sistemas de testes de convivência adotado em Pirenópolis/GO.

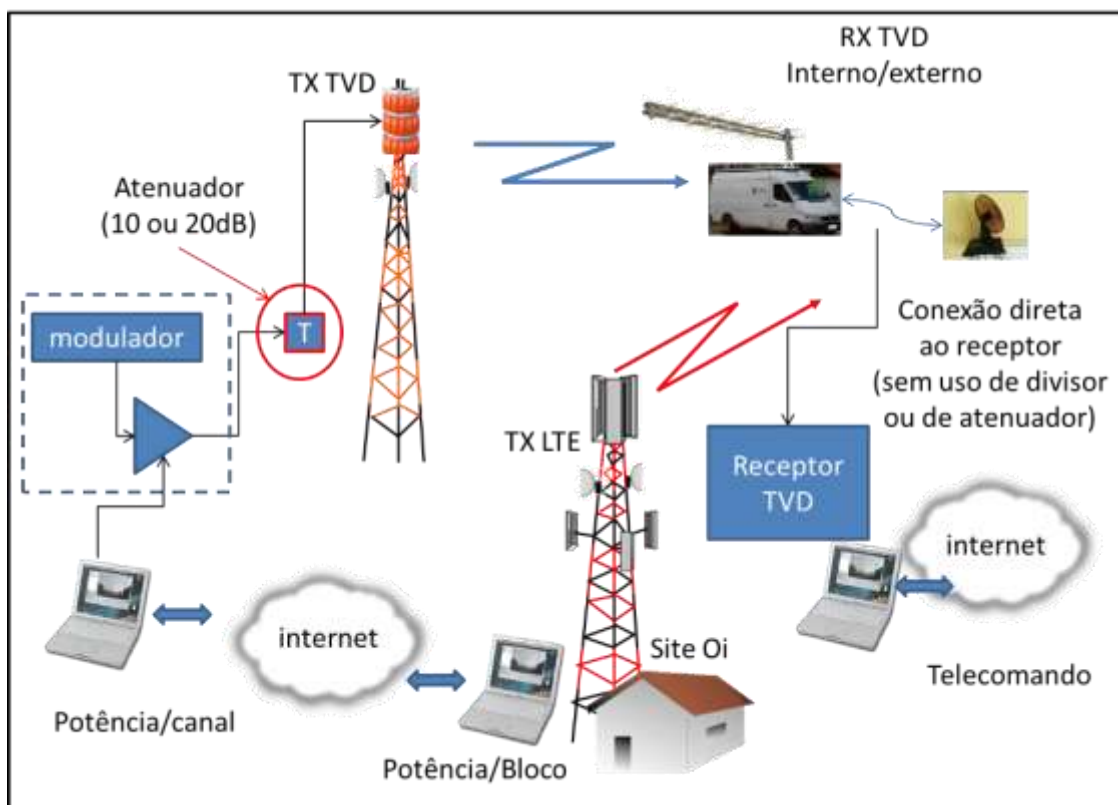


Figura 1. Cenário de Testes

#### 4.1 Sistemas de TVD

##### 4.1.1 Transmissor

O sistema de transmissão de TVD é o mesmo utilizado nos testes coordenados pela Agência. A exceção se deu, quando necessário obter níveis de recepção menores. Para tal, quando necessário, foram utilizados atenuadores (10 ou 20 dB) na saída do transmissor.

### 4.1.2 Receptores

Foram utilizados nos testes dois receptores iDTV do conjunto de receptores empregados no teste em campo da Anatel, Rx1 - *Silicon tuner* e Rx2 - *Can Tuner*.

Foram adotados a maioria dos acessórios (antenas, cabos, conectores, adaptadores, etc.) utilizados nos testes coordenados pela Anatel, exceto pela não utilização do divisor para a recepção e de antena amplificada.

### 4.2 Sistema LTE

O sistema LTE (eNodeB, CPE e UE) é o mesmo utilizado nos testes coordenados pela Agência.

A eNodeB e as CPEs são protótipos de equipamentos comerciais. O terminal móvel (UE) utilizado é um protótipo de smartphone multibanda e multimodo, cujas especificações estão dentro das estabelecidas pelos padrões do 3GPP, e que serve de design de referência para o desenvolvimento de equipamentos comerciais.

## 5. Setup de testes

### 5.1 Unidade Móvel e Site Fixo

No setup originalmente usado para os testes da Anatel era adotado um divisor do sinal proveniente da antena para alimentar simultaneamente 04 (quatro) receptores, sendo um deles o analisador de espectro. Quando era necessário reduzir o nível de recepção abaixo daquele recebido com o transmissor configurado para a sua potência mínima, utilizava-se um atenuador a frente do receptor de TVD, a fim de se obter o nível desejado.

No setup objeto deste relatório se adotou a estratégia de utilizar o atenuador na transmissão. O setup foi simplificado para todos os casos de recepção, conforme figura 2.

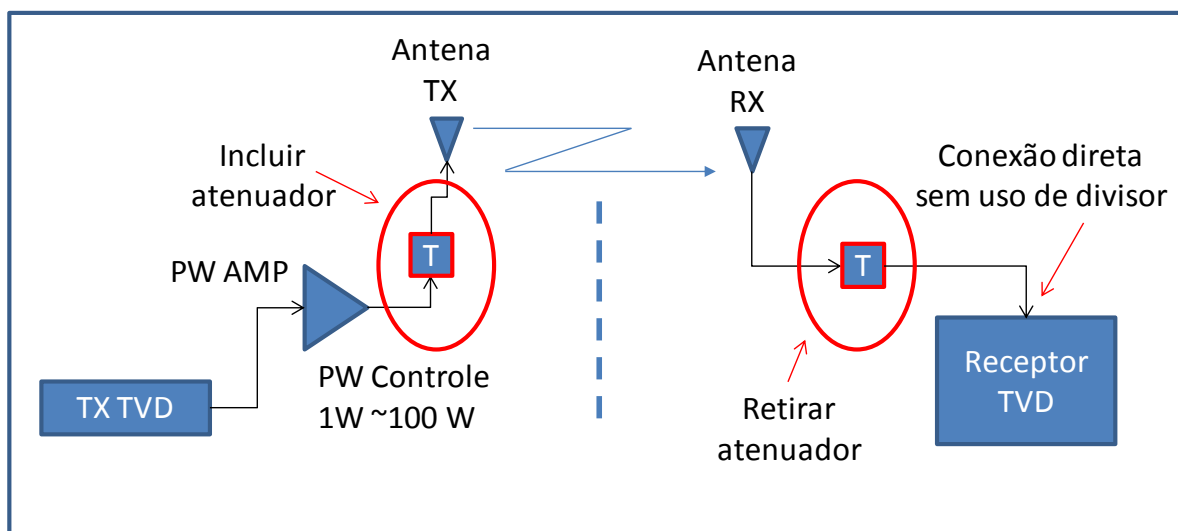


Figura 2. Setup de recepção

## 5.2 Setup de medidas de ACLR

Para a reavaliação dos parâmetros de ACLR dos sistemas de transmissão de LTE, foram montados os setups para eNodeB (Figura 3), e para a UE (Figura 4).

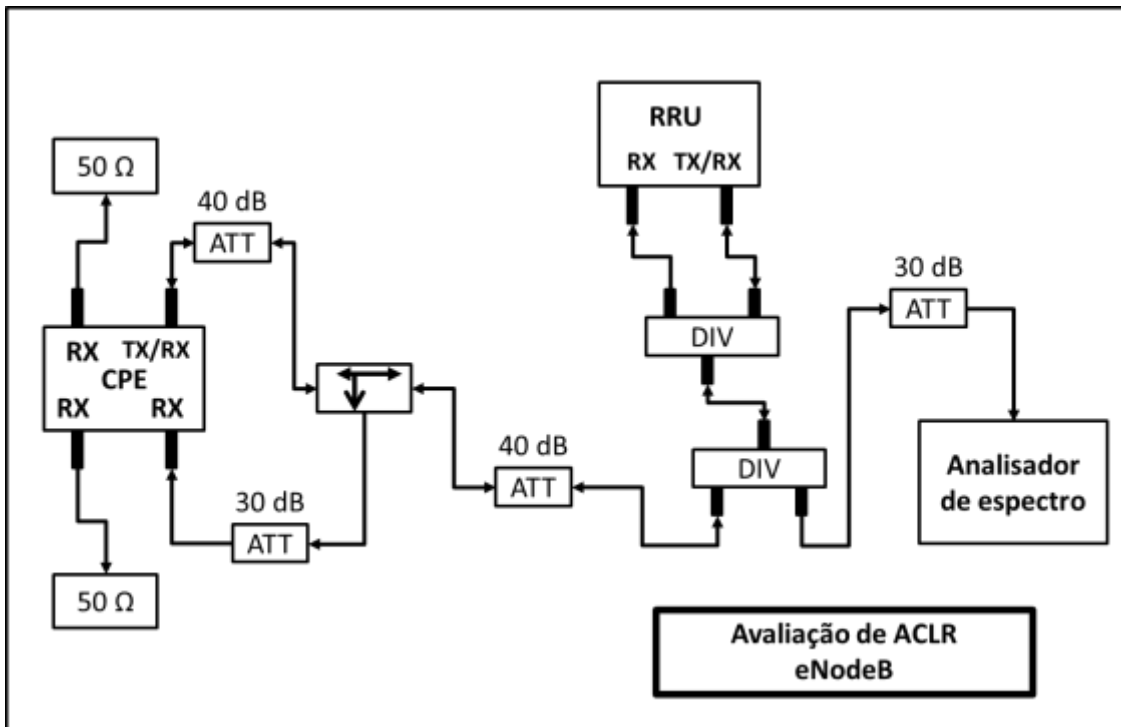


Figura 3. Setup de Medidas de ACLR da eNodeB

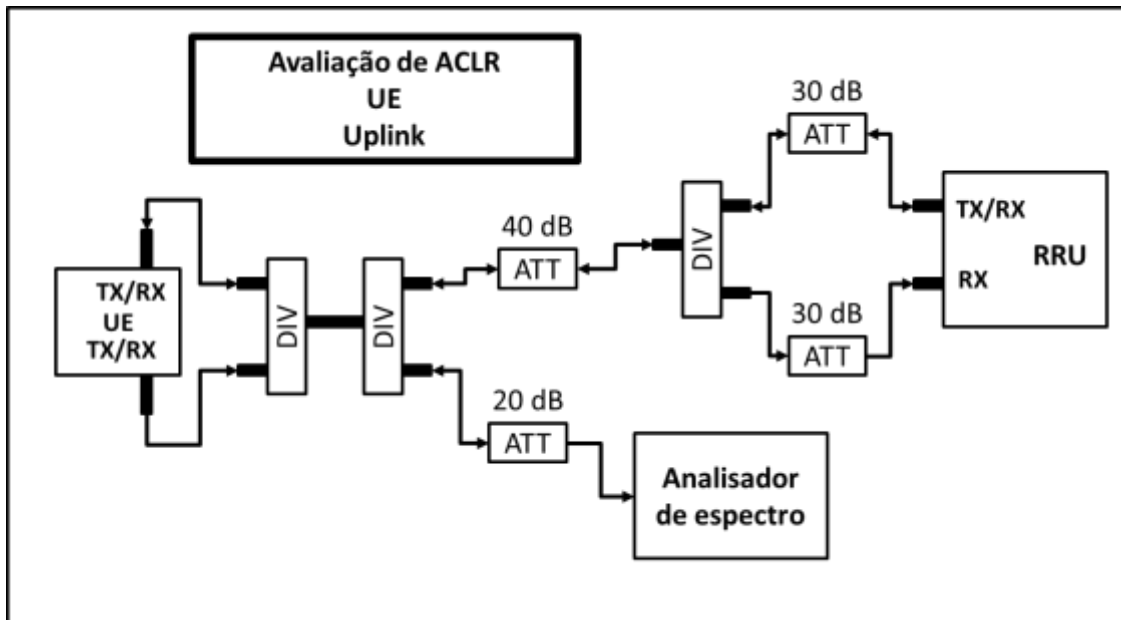


Figura 4. Setup de medidas de ACLR da UE

Ressalta-se que foi realizado a avaliação de ACLR da CPE pela primeira vez (figura 5).

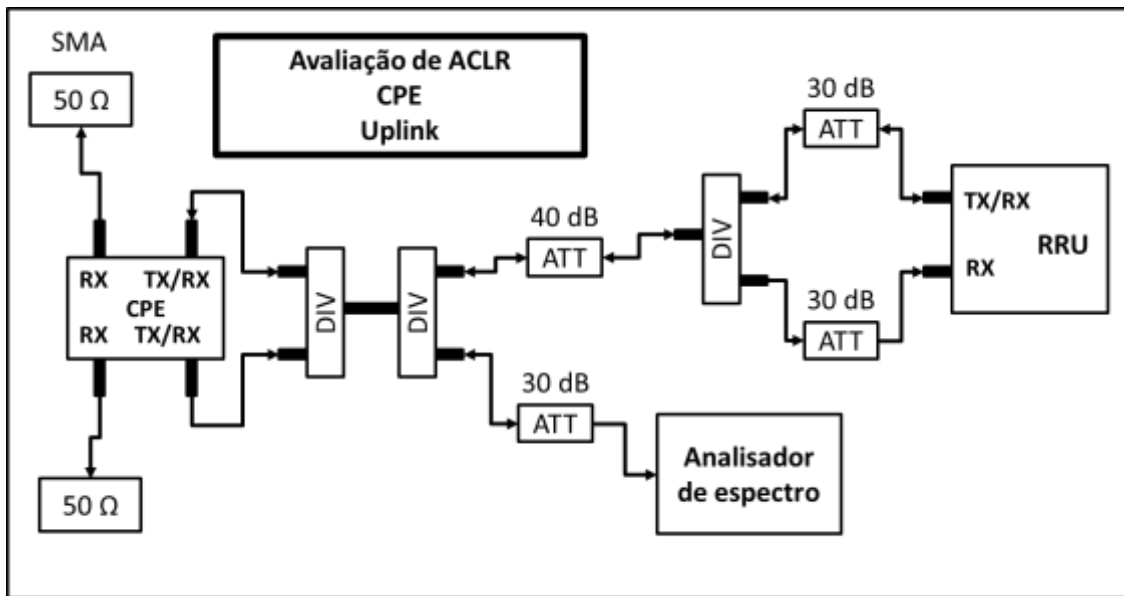


Figura 5. Setup de Medidas de ACLR da CPE



## 6. Medidas de ACLR

### 6.1 ACLR da eNodeB

Os resultados obtidos de ACLR da eNodeB estão indicados na tabela abaixo:

Tabela 2. Emissões Indesejáveis e ACLR da eNodeB

LTE				Emissões Indesejáveis [dBm]							
Banda	Bloco	Carga	Potência [dBm]	CH 38	CH 39	CH 40	CH 47	CH 48	CH 49	CH 51	
Downlink (eNodeB)	5 MHz	1	100%	45,50	-	-	-	-58,20	-58,00	-57,90	-58,10
			0%	37,32	-	-	-	-58,18	-58,08	-57,98	-58,18
		2	100%	45,10	-	-	-	-57,10	-57,90	-58,00	-58,00
			0%	37,00	-	-	-	-58,10	-57,90	-58,00	-58,00
	10 MHz	2 e 3	100%	45,30	-	-	-	-58,10	-57,90	-57,90	-58,00
			0%	36,50	-	-	-	-58,10	-57,90	-57,90	-58,00
	20 MHz	2 a 5	100%	45,30	-	-	-	-	-58,10	-57,90	-58,20
			0%	35,91	-	-	-	-	-58,09	-57,89	-58,19

LTE				ACLR [dB]							
Banda	Bloco	Carga	Potência [dBm]	CH 38	CH 39	CH 40	CH 47	CH 48	CH 49	CH 51	
Downlink (eNodeB)	5 MHz	1	100%	45,50	-	-	-	103,70	103,50	103,40	103,60
			0%	37,32	-	-	-	95,50	95,40	95,30	95,50
		2	100%	45,10	-	-	-	102,20	103,00	103,10	103,10
			0%	37,00	-	-	-	95,10	94,90	95,00	95,00
	10 MHz	2 e 3	100%	45,30	-	-	-	103,40	103,20	103,20	103,30
			0%	36,50	-	-	-	94,60	94,40	94,40	94,50
	20 MHz	2 a 5	100%	45,30	-	-	-		103,40	103,20	103,50
			0%	35,91	-	-	-		94,00	93,80	94,10

Da tabela 2 pode se notar que, embora os valores de ACLR nos canais de TVD medidos apresentem variações quando o sistema LTE opera com carga (100%) ou sem carga (0% ou *Idle*), os valores absolutos das emissões indesejáveis não variam com a carga.

Os níveis de emissões indesejáveis apontados na tabela apresentam melhor desempenho, cerca de 40 dB abaixo do limiar estabelecido no anexo à Resolução nº 625/2013 da Anatel, e decorrem de avaliação em uma amostra obtida de equipamento protótipo.

Nos testes realizados pela Anatel e no presente teste não foram constatados níveis interferentes de ACLR da eNodeB, devido ao desempenho do protótipo utilizado. Resultados de convivência entre os sistemas equivalentes aos obtidos no presente teste e no teste da Anatel somente serão obtidos na prática caso os futuros equipamentos tenham desempenho equivalente ao do protótipo testado.

Considera-se ainda que é necessário que se desenvolva esforço no sentido de disponibilizar eNodeBs, para uso na faixa de 700 MHz na tecnologia LTE, com melhor desempenho quanto à máscara de emissões indesejáveis, em relação às especificações da Resolução nº 625/2013 da Anatel. Tal assunto deve ser tratado nos fóruns pertinentes.

## 6.2 ACLR da UE

Os resultados obtidos de ACLR da UE estão indicados na tabela abaixo:

Tabela 3. Emissões Indesejáveis e ACLR da UE

LTE				Emissões Indesejáveis [dBm]							
Banda	Bloco	Carga	Uplink [dBm]	38	39	40	47	48	49	51	
Uplink (UE)	5 MHz	1	100%	21,55	-64,66	-65,17	-64,76	-62,42	-62,56	-62,07	-51,14
		2	100%	22,23	-63,49	-63,46	-63,11	-62,37	-62,19	-60,40	-57,50
		3	100%	22,82	-63,23	-63,20	-62,93	-62,73	-62,34	-62,11	-58,98
		4	100%	22,15	-63,25	-63,23	-63,03	-63,07	-61,95	-62,31	-62,25
		5	100%	21,96	-63,75	-63,45	-63,13	-63,05	-62,95	-62,52	-62,69
	10 MHz	1-2	100%	22,02	-63,60	-63,18	-63,45	-62,50	-62,36	-61,33	-45,76
		2-3	100%	22,58	-63,22	-63,15	-63,33	-62,34	-62,38	-61,04	-52,46
		3-4	100%	22,44	-63,08	-63,74	-63,15	-61,30	-62,47	-62,50	-54,88
		4-5	100%	21,45	-63,64	-63,46	-63,44	-63,03	-62,47	-62,19	-59,88
		5-6	100%	21,84	-63,23	-63,40	-63,01	-63,13	-62,89	-62,26	-62,96
	15 MHz	1-3	100%	22,08	-63,61	-63,00	-62,81	-62,43	-61,48	-58,51	-45,57
		2-4	100%	22,37	-63,21	-63,16	-63,19	-61,88	-62,08	-60,60	-47,27
		3-5	100%	21,71	-63,42	-63,41	-63,29	-62,46	-62,28	-61,90	-51,91
		4-6	100%	21,65	-63,81	-63,43	-63,26	-63,05	-62,94	-62,58	-62,50
		5-7	100%	21,45	-63,99	-63,33	-63,57	-62,90	-63,14	-62,44	-62,28
	20 MHz	1-4	100%	21,42	-63,47	-63,66	-63,01	-62,22	-60,77	-57,44	-43,60
2-5		100%	21,14	-64,31	-63,20	-63,60	-62,37	-62,01	-59,23	-44,62	
3-6		100%	20,43	-63,87	-63,78	-63,73	-63,24	-63,03	-62,01	-48,42	
4-7		100%	20,84	-64,09	-63,78	-63,63	-63,61	-63,21	-62,88	-59,89	

LTE				ACLR [dB]							
Banda	Bloco	Carga	Uplink [dBm]	38	39	40	47	48	49	51	
Uplink (UE)	5 MHz	1	100%	21,55	86,21	86,72	86,31	83,97	84,11	83,62	72,69
		2	100%	22,23	85,72	85,69	85,34	84,60	84,42	82,63	79,73
		3	100%	22,82	86,05	86,02	85,75	85,55	85,16	84,93	81,80
		4	100%	22,15	85,40	85,38	85,18	85,22	84,10	84,46	84,40
		5	100%	21,96	85,71	85,41	85,09	85,01	84,91	84,48	84,65
	10 MHz	1-2	100%	22,02	85,62	85,20	85,47	84,52	84,38	83,35	67,78
		2-3	100%	22,58	85,80	85,73	85,91	84,92	84,96	83,62	75,04
		3-4	100%	22,44	85,52	86,18	85,59	83,74	84,91	84,94	77,32
		4-5	100%	21,45	85,09	84,91	84,89	84,48	83,92	83,64	81,33
		5-6	100%	21,84	85,07	85,24	84,85	84,97	84,73	84,10	84,80
	15 MHz	1-3	100%	22,08	85,69	85,08	84,89	84,51	83,56	80,59	67,65
		2-4	100%	22,37	85,58	85,53	85,56	84,25	84,45	82,97	69,64
		3-5	100%	21,71	85,13	85,12	85,00	84,17	83,99	83,61	73,62
		4-6	100%	21,65	85,46	85,08	84,91	84,70	84,59	84,23	84,15
		5-7	100%	21,45	85,44	84,78	85,02	84,35	84,59	83,89	83,73
	20 MHz	1-4	100%	21,42	84,89	85,08	84,43	83,64	82,19	78,86	65,02
2-5		100%	21,14	85,45	84,34	84,74	83,51	83,15	80,37	65,76	
3-6		100%	20,43	84,30	84,21	84,16	83,67	83,46	82,44	68,85	
4-7		100%	20,84	84,93	84,62	84,47	84,45	84,05	83,72	80,73	

Nota-se que o ACLR observado melhora com a redução da largura utilizada pelo *Uplink LTE* e também com o afastamento deste em relação ao canal 51, não se constatando variações significantes para os demais canais de TVD apresentados na tabela.

Os níveis de emissões indesejáveis apontados na tabela estão de 16 a 38 dB abaixo do limiar estabelecido no anexo à Resolução nº 625/2013 da Anatel, e decorrem de avaliação em uma amostra obtida de equipamento protótipo.

Para se obter no futuro resultados similares de convivência aos obtidos no presente teste e naquele da Anatel, é necessário que os equipamentos tenham desempenho equivalente aos do protótipo testado.

Considera-se ainda que é necessário que se desenvolva esforço no sentido de disponibilizar terminais de usuário, para uso na faixa de 700 MHz na tecnologia LTE, com melhor desempenho quanto à máscara de emissões indesejáveis em relação às especificações da Resolução nº 625/2013 da Anatel. Tal assunto deve ser tratado nos fóruns pertinentes.

A parcela de interferência decorrente do ACLR (emissões indesejáveis da transmissão da UE) não é mitigável com filtragem na recepção de TV, pois essa interferência está na mesma faixa de frequência dos canais de TVD.

### 6.2.1 Medidas de ACLR da UE radiadas e captadas pela antena interna

#### 6.2.1.1 Setup de testes

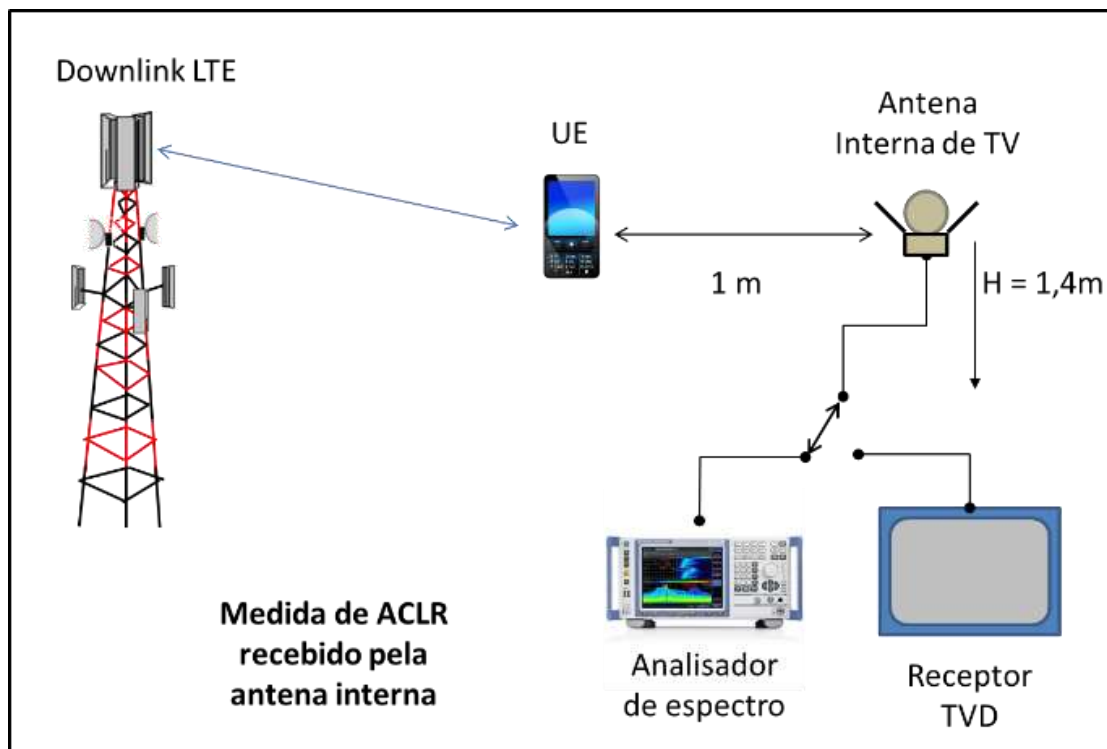


Figura 6. Setup da medida ACLR do sinal de *Uplink* da UE irradiado

#### 6.2.1.2 Resultados

Os resultados de ACLR das figuras 7,8 e 9 foram obtidos por meio de medições do sinal radiado pela UE e captados pela antena interna instalada a uma distância de 1m do terminal (UE).

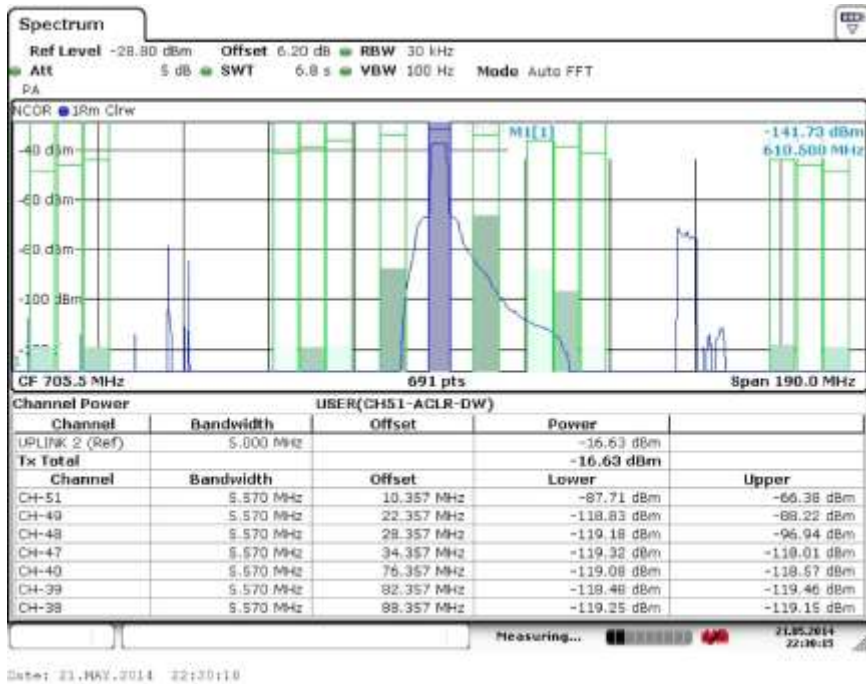


Figura 7. Emissões indesejáveis do sinal de *Uplink* da UE irradiado (Bloco 1)

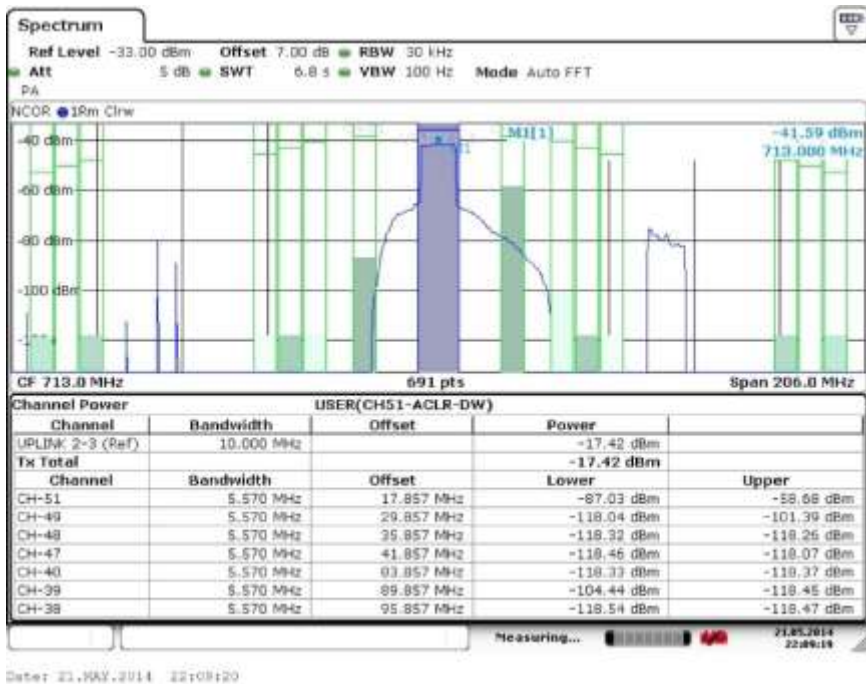


Figura 8. Emissões indesejáveis do sinal de *Uplink* da UE irradiado (Blocos 2-3)

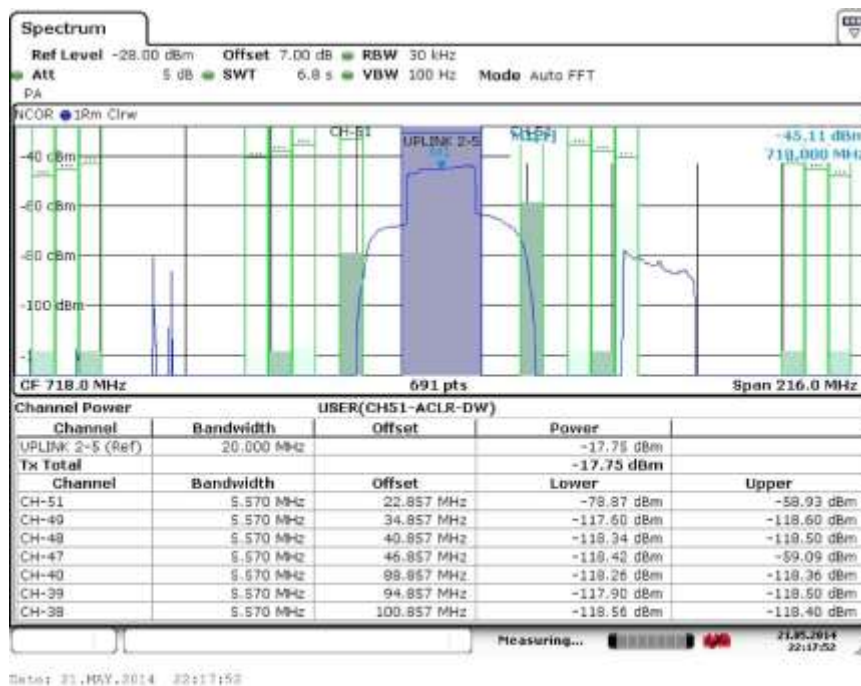


Figura 9. Emissões indesejáveis do sinal de *Uplink* da UE irradiado (Blocos 2- 5)

A partir destes dados chega-se aos seguintes valores de ACLR:

Tabela 4. Emissões Indesejáveis do sinal de *Uplink* da UE irradiado recebido na antena interna passiva

LTE				Emissões Indesejáveis [dBm]							
Banda	Bloco	Carga	Potência [dBm]	CH 38	CH 39	CH 40	CH 47	CH 48	CH 49	CH 51	
Uplink (UE)	5 MHz	1	100%	-16,63	-119,25	-118,48	-119,08	-119,32	-119,18	-118,83	-87,71
	10 MHz	2 e 3	100%	-17,42	-118,54	-104,44	-118,33	-118,46	-118,32	-118,04	-87,03
	20 MHz	2 a 5	100%	-17,75	-118,56	-117,90	-118,26	-118,42	-118,34	-117,60	-78,87

Em relação aos resultados contidos na Tabela 4 destaca-se a emissão de níveis indesejados de grande criticidade recebidos pela antena interna passiva com o LTE designado para os blocos 2 a 5 no canal 51, com valor de -78,87 dBm.

Em casos como este, a convivência se torna menos crítica, caso haja a substituição de uma antena interna por uma antena externa.

### 6.3 ACLR da CPE

Os resultados obtidos de ACLR da CPE estão indicados na tabela abaixo:

Tabela 5. Emissões Indesejáveis e ACLR da CPE

LTE				Emissões Indesejáveis [dBm]							
Banda	Bloco	Carga	Uplink [dBm]	38	39	40	47	48	49	51	
Uplink (CPE)	5 MHz	1	100%	23,75	-76,76	-76,58	-76,51	-76,81	-76,68	-76,38	-49,64
		2	100%	24,51	-76,68	-76,51	-76,53	-76,66	-76,50	-76,36	-75,30
		3	100%	23,49	-76,71	-76,53	-76,49	-76,75	-76,62	-76,33	-75,77
		4	100%	23,83	-76,70	-76,50	-76,57	-76,70	-76,53	-76,43	-76,39
		5	100%	23,16	-76,70	-76,49	-76,49	-76,77	-76,64	-76,34	-76,34
	10 MHz	1-2	100%	24,16	-76,71	-76,54	-76,41	-76,65	-76,62	-76,10	-30,62
		2-3	100%	23,54	-76,69	-76,50	-76,53	-76,72	-76,56	-76,29	-41,90
		3-4	100%	23,08	-76,70	-76,53	-76,45	-76,66	-76,66	-76,43	-52,83
		4-5	100%	23,33	-76,69	-76,50	-76,52	-76,74	-76,58	-76,32	-74,10
		5-6	100%	22,80	-76,70	-76,51	-76,47	-76,69	-76,67	-76,47	-69,55
	15 MHz	1-3	100%	23,32	-76,69	-76,51	-76,54	-76,62	-76,50	-63,05	-26,77
		2-4	100%	22,51	-76,71	-76,53	-76,50	-76,64	-76,63	-76,21	-38,45
		3-5	100%	21,84	-76,70	-76,51	-76,58	-76,71	-76,55	-76,42	-45,19
		4-6	100%	21,87	-76,70	-76,51	-76,49	-76,76	-76,64	-76,27	-44,98
		5-7	100%	22,09	-76,70	-76,49	-76,60	-76,72	-76,56	-76,41	-75,83
	20 MHz	1-4	100%	23,74	-76,70	-76,50	-76,54	-76,56	-76,53	-56,96	-26,27
2-5		100%	23,22	-76,71	-76,54	-76,45	-76,62	-76,66	-75,85	-33,10	
3-6		100%	22,98	-76,70	-76,50	-76,53	-76,66	-76,58	-75,09	-34,17	
4-7		100%	23,85	-76,70	-76,51	-76,46	-76,59	-76,65	-75,22	-35,15	

LTE				ACLR [dB]							
Banda	Bloco	Carga	Uplink [dBm]	38	39	40	47	48	49	51	
Uplink (CPE)	5 MHz	1	100%	23,75	100,51	100,33	100,26	100,56	100,43	100,13	73,39
		2	100%	24,51	101,19	101,02	101,04	101,17	101,01	100,87	99,81
		3	100%	23,49	100,20	100,02	99,98	100,24	100,11	99,82	99,26
		4	100%	23,83	100,53	100,33	100,40	100,53	100,36	100,26	100,22
		5	100%	23,16	99,86	99,65	99,65	99,93	99,80	99,50	99,50
	10 MHz	1-2	100%	24,16	100,87	100,70	100,57	100,81	100,78	100,26	54,78
		2-3	100%	23,54	100,23	100,04	100,07	100,26	100,10	99,83	65,44
		3-4	100%	23,08	99,78	99,61	99,53	99,74	99,74	99,51	75,91
		4-5	100%	23,33	100,02	99,83	99,85	100,07	99,91	99,65	97,43
		5-6	100%	22,80	99,50	99,31	99,27	99,49	99,47	99,27	92,35
	15 MHz	1-3	100%	23,32	100,01	99,83	99,86	99,94	99,82	86,37	50,09
		2-4	100%	22,51	99,22	99,04	99,01	99,15	99,14	98,72	60,96
		3-5	100%	21,84	98,54	98,35	98,42	98,55	98,39	98,26	67,03
		4-6	100%	21,87	98,57	98,38	98,36	98,63	98,51	98,14	66,85
		5-7	100%	22,09	98,79	98,58	98,69	98,81	98,65	98,50	97,92
	20 MHz	1-4	100%	23,74	100,44	100,24	100,28	100,30	100,27	80,70	50,01
2-5		100%	23,22	99,93	99,76	99,67	99,84	99,88	99,07	56,32	
3-6		100%	22,98	99,68	99,48	99,51	99,64	99,56	98,07	57,15	
4-7		100%	23,85	100,55	100,36	100,31	100,44	100,50	99,07	59,00	

Nota-se que o ACLR observado melhora com a redução da largura utilizada pelo *Uplink* LTE e também com o afastamento deste em relação ao canal 51 e 49, não se constatando variações significantes para os demais canais de TVD apresentados na tabela.

Os níveis de emissões indesejáveis apontados na tabela estão de 1 a 51 dB abaixo do limiar estabelecido no anexo à Resolução nº 625/2013 da Anatel, e decorrem de avaliação em uma amostra obtida de equipamento protótipo.

Para se obter no futuro resultados similares de convivência aos obtidos no presente teste e naquele da Anatel, é necessário que os equipamentos tenham desempenho equivalente aos do protótipo testado.

Considera-se ainda que é necessário que se desenvolva esforço no sentido de disponibilizar terminais de usuário, para uso na faixa de 700 MHz na tecnologia LTE, com melhor desempenho quanto à máscara de emissões indesejáveis em relação às especificações da Resolução nº 625/2013 da Anatel. Tal assunto deve ser tratado nos fóruns pertinentes.

A parcela de interferência decorrente do ACLR (emissões indesejáveis da transmissão da UE) não é mitigável com filtragem na recepção de TV, pois essa interferência está na mesma faixa de frequência dos canais de TVD.

## 7. Teste de Interferência do Downlink e Uplink LTE na TVD

Nos testes originais da Anatel, com nível mínimo de transmissão da TVD, nos pontos de medida (1, 2 e 3) a potência obtida na recepção ainda era superior ao nível mínimo desejado para o teste (-74 dBm). Assim, era inserido um atenuador entre a antena e o sistema divisor para os receptores de TVD sob avaliação de recepção.

Nestes testes, para se obter o nível de recepção de TVD mínimo desejado para o teste (-74 dBm) estabeleceu-se outra estratégia para a redução do nível de TVD (Figuras 1 e 2). Em síntese, foi retirado o divisor, passando-se a disponibilizar o sinal oriundo da antena diretamente para o receptor de TVD. Para reduzir o nível recebido foi inserido um atenuador na saída do transmissor de TVD.

### 7.1 Medidas de Downlink

As tabelas de 6 a 8 apresentam os resultados de TOV (*Threshold of Visibility*) relativos à interferência por frequência imagem (FI) do Downlink LTE em modo *idle* no ponto 1. Nos casos onde não foi possível reduzir os níveis interferentes de modo a permitir a visibilidade da imagem, registrou-se que mesmo com a potência mínima interferente a imagem manteve-se bloqueada.

Tabela 6. TOV no ponto 1 (*Downlink Idle* Bloco 1, Canal 47)

LTE	Bloco 1	Modo Idle							
TVD operando no canal:	47								
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	Rx LTE* [dBm]	RxTv - Rx LTE* [dB]	Status de Imagem
Externa Passiva	Can Tuner	1,80	20,00	2,00	-74,20	-11,50	-1,50	-72,70	Bloqueada
		12,60	20,00	2,00	-65,60	-11,50	-1,50	-64,10	Bloqueada
		100,00	0,00	6,30	-36,70	-9,60	0,40	-37,10	Normal
Externa com Amplificador	Can Tuner	1,60	20,00	2,00	-57,80	-1,10	8,90	-66,70	Bloqueada
		12,60	20,00	2,00	-48,80	-1,10	8,90	-57,70	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-19,60	-1,50	8,50	-28,10	Bloqueada

\* Correção do Período ativo do LTE

Tabela 7. TOV no ponto 1 (*Downlink Idle* Blocos 2-3, Canal 48)

LTE	Bloco 2-3	Modo Idle							
TVD operando no canal:	48								
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	Rx LTE* [dBm]	RxTv - Rx LTE* [dB]	Status de Imagem
Externa Passiva	Can Tuner	1,60	20,00	2,00	-73,10	-8,50	1,50	-74,60	Bloqueada
		12,60	20,00	2,00	-64,60	-8,50	1,50	-66,10	Bloqueada
		100,00	0,00	5,00	-35,50	-5,30	4,70	-40,20	Normal
Externa com Amplificador	Can Tuner	1,60	20,00	2,00	-56,70	0,60	10,60	-67,30	Bloqueada
		12,60	20,00	2,00	-47,80	0,60	10,60	-58,40	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-18,70	0,10	10,10	-28,80	Bloqueada

\* Correção do Período ativo do LTE

Tabela 8. TOV no ponto 1 (*Downlink Idle* Blocos 2-5, Canal 49)

LTE	Bloco 2-5	Modo Idle							
TVD operando no canal:	49								
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	Rx LTE* [dBm]	RxTv - Rx LTE* [dB]	Status de Imagem
Externa Passiva	Can Tuner	1,80	20,00	2,00	-74,20	-7,80	2,20	-76,40	Bloqueada
		13,20	20,00	2,00	-65,50	-7,80	2,20	-67,70	Bloqueada
		100,00	0,00	6,30	-37,30	-3,30	6,70	-44,00	Normal
Externa com Amplificador	Can Tuner	1,80	20,00	2,00	-56,80	1,40	11,40	-68,20	Bloqueada
		13,20	20,00	2,00	-48,30	1,40	11,40	-59,70	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-19,70	1,20	11,20	-30,90	Bloqueada

\* Correção do Período ativo do LTE



As tabelas de 9 a 11 apresentam os resultados de TOV (*Threshold of Visibility*) relativos à interferência do *Downlink* LTE em modo *idle* no ponto 1 sobre o canal 51. Nos casos onde não foi possível reduzir os níveis interferentes de modo a permitir a visibilidade da imagem, registrou-se que mesmo com a potência mínima interferente a imagem manteve-se bloqueada.

Tabela 9. TOV no ponto 1 (*Downlink Idle* Bloco 1, Canal 51)

LTE	Bloco 1	Modo Idle							
TVD operando no canal:	51								
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	Rx LTE* [dBm]	RxTv - Rx LTE* [dB]	Status de Imagem
Externa Passiva	Can Tuner	2,80	20,00	2,00	-74,60	-10,20	-0,20	-74,40	Normal
		16,60	20,00	2,00	-67,00	-11,60	-1,60	-65,40	Normal
		100,00	0,00	15,90	-38,60	-3,40	6,60	-45,20	Normal
	Silicon Tuner	2,80	20,00	2,00	-74,70	-10,20	-0,20	-74,50	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-67,00	-11,60	-1,60	-65,40	Bloqueada
		100,00	0,00	25,20	-38,60	-1,10	8,90	-47,50	Normal
Externa com Amplificador	Can Tuner	2,80	20,00	2,00	-59,10	0,20	10,20	-69,30	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-49,60	-1,20	8,80	-58,40	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-20,90	-1,50	8,50	-29,40	Bloqueada
	Silicon Tuner	2,80	20,00	2,00	-59,10	0,20	10,20	-69,30	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-49,60	-1,20	8,80	-58,40	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-20,90	-1,50	8,50	-29,40	Normal

\* Correção do Período ativo do LTE

Tabela 10. TOV no ponto 1 (*Downlink Idle* Blocos 2-3, Canal 51)

LTE	Bloco 2-3	Modo Idle							
TVD operando no canal:	51								
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	Rx LTE* [dBm]	RxTv - Rx LTE* [dB]	Status de Imagem
Externa Passiva	Can Tuner	2,80	20,00	2,00	-74,50	-7,70	2,30	-76,80	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-67,00	-9,10	0,90	-67,90	Bloqueada
		100,00	0,00	12,60	-38,60	-1,20	8,80	-47,40	Normal
	Silicon Tuner	2,80	20,00	2,00	-74,50	-7,70	2,30	-76,80	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-67,00	-9,10	0,90	-67,90	Bloqueada
		100,00	0,00	15,90	-38,60	-1,20	8,80	-47,40	Normal
Externa com Amplificador	Can Tuner	2,80	20,00	2,00	-59,00	1,40	11,40	-70,40	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-49,60	0,40	10,40	-60,00	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-20,90	0,30	10,30	-31,20	Bloqueada
	Silicon Tuner	2,80	20,00	2,00	-59,00	1,40	11,40	-70,40	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-49,60	0,40	10,40	-60,00	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-20,90	0,30	10,30	-31,20	Bloqueada

\* Correção do Período ativo do LTE

Tabela 11. TOV no ponto 1 (*Downlink Idle* Blocos 2-5, Canal 51)

LTE	Bloco 2-5	Modo Idle							
TVD operando no canal:	51								
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	Rx LTE* [dBm]	RxTv - Rx LTE* [dB]	Status de Imagem
Externa Passiva	Can Tuner	2,80	20,00	2,00	-74,50	-7,10	2,90	-77,40	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-67,00	-8,30	1,70	-68,70	Bloqueada
		100,00	0,00	6,30	-38,60	-2,80	7,20	-45,80	Normal
	Silicon Tuner	2,80	20,00	2,00	-74,50	-7,10	2,90	-77,40	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-67,00	-8,30	1,70	-68,70	Bloqueada
		100,00	0,00	20,00	-38,60	0,20	10,20	-48,80	Normal
Externa com Amplificador	Can Tuner	2,80	20,00	2,00	-59,00	2,30	12,30	-71,30	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-49,60	1,00	11,00	-60,60	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-20,90	1,10	11,10	-32,00	Bloqueada
	Silicon Tuner	2,80	20,00	2,00	-59,00	2,30	12,30	-71,30	Bloqueada
		16,60	20,00	2,00	-49,60	1,00	11,00	-60,60	Bloqueada
		100,00	0,00	2,00	-20,90	1,10	11,10	-32,00	Bloqueada

\* Correção do Período ativo do LTE

Em análise das tabelas de 6 a 11 para a recepção com antena externa passiva e antena externa amplificada identificam-se as situações abaixo em decorrência da presença do sinal de *Downlink* LTE em modo *idle*:

- i. Ocorreram casos em que o amplificador do receptor de TVD esteve saturado ou dessensibilizado, deste modo a recepção de TVD ficou impossibilitada ou somente foi viável frente a níveis elevados de recepção de TVD.
- ii. Na maioria dos casos testados a recepção de TVD com o uso de antena externa amplificada sofreu degradação devida a influência do sinal de *Downlink* LTE no amplificador externo.
- iii. Devido a intensidade de sinal LTE ocorreram casos de bloqueio do sinal de recepção de TVD com o uso de antena externa passiva.
- iv. Houve diferença de desempenho entre os receptores *Can Tuner* e *Silicon Tuner* em decorrência da presença do sinal LTE.
- v. Os resultados apresentados nas tabelas decorrem da condição de aproximação e alinhamento entre as antenas de LTE e de recepção de TVD adotadas no cenário de testes.

### 7.1.1 Mitigação de interferências de *Downlink*

As avaliações de mitigação foram realizadas com carregamento de 100% na transmissão do LTE, pois esta é a condição de maior potência média do *Downlink* LTE.

Os dados dispostos nas tabelas refletem exclusivamente os efeitos do uso do filtro na mitigação da interferência decorrente de *Downlink*.

### 7.1.2 Avaliação da mitigação da interferência por frequência imagem do *Downlink* LTE (com 100% de carregamento) com o uso de filtro na recepção de TVD

As tabelas 12 a 14 apresentam os resultados dos testes de mitigação da interferência por frequência imagem do *Downlink* LTE (com 100% de carregamento) com o uso de filtro na recepção de TV.

Tabela 12. Resultados do teste de mitigação da interferência por frequência imagem do *Downlink* LTE @ 100% (Bloco 1) com o uso de filtro na recepção de TV (Canal 47)

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%					RxTv - Rx LTE [dB]	Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Canal de TVD	47	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]				
Externa Passiva	Can Tuner	1,60	20,00	40,00	-74,70	16,20	-90,90	s/filtro	Bloqueada	n/a
		1,60	20,00	40,00	-79,50	-57,10	-22,40	Proeletronic	Normal	efetivo
		1,60	20,00	40,00	-75,60	-32,00	-43,60	Yagi	Bloqueada	não efetivo
		39,70	20,00	40,00	-59,60	-32,00	-27,60	Yagi	Normal	não efetivo (1)
		1,60	20,00	2,00	-75,60	-45,00	-30,60	Yagi	Bloqueada	não efetivo
		4,00	20,00	2,00	-75,60	-49,00	-26,60	Yagi	Normal	não efetivo (1)
	Silicon Tuner	1,60	20,00	40,00	-74,70	16,20	-90,90	s/filtro	Bloqueada	n/a
		1,60	20,00	40,00	-79,50	-57,10	-22,40	Proeletronic	Normal	efetivo
		1,60	20,00	40,00	-75,60	-32,00	-43,60	Yagi	Normal	efetivo

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

Tabela 13. Resultados do teste de mitigação da interferência por frequência imagem do *Downlink* LTE @ 100% (Blocos 2-3) com o uso de filtro na recepção de TV (Canal 48)

LTE	Bloco 2-3	Carregamento 100%								
Canal de TVD	48									
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Externa Passiva	Can Tuner	1,60	20,00	40,00	-73,80	16,90	-90,70	s/filtro	Bloqueada	n/a
		1,60	20,00	40,00	-78,40	-62,10	-16,30	Proeletronic	Bloqueada	não efetivo
		4,00	20,00	40,00	-66,40	-62,10	-4,30	Proeletronic	Normal	não efetivo (1)
		1,60	20,00	16,00	-78,40	-66,20	-12,20	Proeletronic	Normal	não efetivo (2)
		1,60	20,00	2,00	-75,80	-31,40	-44,40	Yagi	Bloqueada	não efetivo
		39,70	20,00	40,00	-63,70	-31,40	-32,30	Yagi	Normal	não efetivo (1)
	4,00	20,00	2,00	-75,80	-45,50	-30,30	Yagi	Normal	não efetivo (3)	
	Silicon Tuner	1,60	20,00	40,00	-73,80	16,90	-90,70	Yagi	Normal	efetivo
		1,60	20,00	40,00	-79,50	16,90	-96,40	Proeletronic	Normal	efetivo

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

(2) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário reduzir a potência do LTE

(3) Quando a potencia de TVD era de 4W e de LTE de 40W a mitigação era possível com o filtro proeletronic. Com o filtro Yagi foi necessário reduzir a potência do LTE

Tabela 14. Resultados do teste de mitigação da interferência por frequência imagem do *Downlink* LTE @ 100% (Blocos 2-5) com o uso de filtro na recepção de TV (Canal 49)

LTE	Bloco 2-5	Carregamento 100%								
Canal de TVD	49									
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Externa Passiva	Can Tuner	1,60	20,00	40,00	-73,90	18,00	-91,90	s/filtro	Bloqueada	n/a
		1,60	20,00	40,00	-79,50	-60,20	-19,30	Proeletronic	Normal	efetivo
		1,60	20,00	40,00	-75,60	-31,00	-44,60	Yagi	Bloqueada	não efetivo
		39,80	20,00	40,00	-62,60	-31,00	-31,60	Yagi	Normal	não efetivo (1)
		4,00	20,00	2,00	-79,30	-51,00	-28,30	Yagi	Normal	não efetivo (2)
	Silicon Tuner	1,60	20,00	40,00	-75,60	-31,00	-44,60	Yagi	Normal	efetivo
		1,60	20,00	40,00	-79,50	-60,20	-19,30	Proeletronic	Normal	efetivo

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

(2) Para a obter a recepção satisfatória da TVD foi necessário atenuar entrada do receptor de TVD em 4dB, manter potência do LTE no mínimo e aumentar a potência de TVD em 4dB

Das tabelas 12 a 14 para os receptores ensaiados nota-se que a rejeição do filtro Yagi não foi suficiente para mitigar a interferência decorrente do *Downlink* no receptor *can tuner*, porém mitigou para o receptor *silicon tuner*.

O filtro Proeletronic não mitigou a interferência para o receptor *can tuner* quando oriundas dos blocos 2-3.

Como ambos os filtros não mitigaram todos os casos testados indica-se a necessidade de estudar a possibilidade de desenvolver filtros mais seletivos.

### 7.1.3 Avaliação da mitigação da interferência do *Downlink* LTE (com 100% de carregamento) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TV.

As tabelas 15 a 17 apresentam os resultados dos testes de mitigação da interferência do *Downlink* LTE (com 100% de carregamento) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TV.

Tabela 15. Resultados do teste de mitigação da interferência do *Downlink* LTE @ 100% (Bloco 1) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TV

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%								
Canal de TVD	51									
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Externa Passiva	Can Tuner	1,60	20,00	40,00	-82,60	-58,30	-24,30	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	20,00	40,00	-80,30	-31,00	-49,30	Yagi	Normal	Efetivo
	Silicon Tuner	1,60	20,00	40,00	-82,60	-58,30	-24,30	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	20,00	40,00	-80,30	-31,00	-49,30	Yagi	Normal	Efetivo

Tabela 16. Resultados do teste de mitigação da interferência do *Downlink* LTE @ 100% (Blocos 2-3) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TV

LTE	Bloco 2-3	Carregamento 100%								
Canal de TVD	51									
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Externa Passiva	Can Tuner	1,60	20,00	40,00	-82,30	-58,70	-23,60	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	20,00	40,00	-79,40	-31,50	-47,90	Yagi	Normal	Efetivo
	Silicon Tuner	1,60	20,00	40,00	-82,30	-58,70	-23,60	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	20,00	40,00	-79,40	-31,50	-47,90	Yagi	Normal	Efetivo

Tabela 17. Resultados do teste de mitigação da interferência do *Downlink* LTE @ 100% (Blocos 2-5) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TV

LTE	Bloco 2-5	Carregamento 100%								
Canal de TVD	51									
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Atenuador Tx Tv [dB]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Externa Passiva	Can Tuner	1,60	20,00	40,00	-78,90	-59,00	-19,90	Proeletronic	Normal	efetivo
		51,10	2,00	40,00	-64,80	-31,00	-33,80	Yagi	Normal	não efetivo (1)
		2,50	20,00	2,00	-81,30	-49,20	-32,10	Yagi	Normal	não efetivo (2)
	Silicon Tuner	1,60	20,00	40,00	-82,30	-59,00	-23,30	Proeletronic	Normal	efetivo
		1,60	20,00	40,00	-79,40	-31,00	-48,40	Yagi	Normal	efetivo

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

(2) Para a obter a recepção satisfatória da TVD foi necessário atenuar entrada do receptor de TVD em 2dB, manter potência do LTE no mínimo e aumentar a potência de TVD em 2dB

Das tabelas 15 a 17 para os receptores ensaiados o filtro Proeletronic mitigou a interferência. Nota-se que a rejeição do filtro Yagi não foi suficiente para mitigar a interferência decorrente do *Downlink* operando nos blocos 2 a 5 no receptor *can tuner*, porém mitigou a interferência sobre o receptor *silicon tuner*.

#### 7.1.4 Avaliação da mitigação da interferência do *Downlink* LTE (com 100% de carregamento) sobre o canal 51 com o uso de atenuador na recepção de TVD

A Tabela 18 apresenta os resultados do teste de mitigação da interferência do *Downlink* LTE (com 100% de carregamento) sobre o canal 51 com o uso de atenuador na recepção de TV.

Tabela 18. Resultados do teste de mitigação da interferência do *Downlink* LTE @ 100% (Blocos 1, 2-3 e 2-5) sobre o canal 51 com o uso de atenuador na recepção de TV

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%							
TVD operando no canal:	51								
Níveis Máximos de Rx	Tx TVD [W]	Tx LTE [W]	Rx TVD [dBm]	Rx LTE [dBm]					
	100,00	40,00	-38,70	16,20					
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Atenuação [dB]	Status de Imagem	
Externa Passiva	Can Tuner	100,00	40,00	-52,70	2,20	-54,90	14,00	Normal	
	Silicon Tuner	100,00	40,00	-44,70	10,20	-54,90	6,00	Normal	

LTE	Bloco 2-3	Carregamento 100%							
TVD operando no canal:	51								
Níveis Máximos de Rx	Tx TVD [W]	Tx LTE [W]	Rx TVD [dBm]	Rx LTE [dBm]					
	100,00	40,00	-38,70	18,10					
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Atenuação [dB]	Status de Imagem	
Externa Passiva	Can Tuner	100,00	40,00	-54,70	2,10	-56,80	16,00	Normal	
	Silicon Tuner	100,00	40,00	-46,70	10,10	-56,80	8,00	Normal	

LTE	Bloco 2-5	Carregamento 100%							
TVD operando no canal:	51								
Níveis Máximos de Rx	Tx TVD [W]	Tx LTE [W]	Rx TVD [dBm]	Rx LTE [dBm]					
	100,00	40,00	-38,70	17,20					
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [W]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Atenuação [dB]	Status de Imagem	
Externa Passiva	Can Tuner	100,00	40,00	-38,70	17,20	*	*	Bloqueada	
	Silicon Tuner	100,00	40,00	-45,70	10,20	-55,90	7,00	Normal	

\* Dentro dos valores testados não se obteve normalização da recepção de TVD

O uso de atenuadores à frente da recepção de TVD modifica a condição da relação de convivência entre os sistemas de TVD e LTE. Nos casos testados o exercício de atenuação somente foi viabilizado pela disponibilidade de sinais de TVD elevados.

A diferença de resultados encontrados nestes testes, em relação aos realizados sob a coordenação da Anatel, se explica pelo fato de que nos testes originais a utilização de atenuadores e divisores de sinais contribuiu para a que operação dos receptores ocorresse em condições favoráveis.

## 7.2. TESTE DE UPLINK

### 7.2.1 Medidas de TOV do *Uplink* LTE (UE) com 100% de carregamento no canal de imagem

As tabelas de 19 a 21 apresentam os resultados de TOV (*Threshold of Visibility*) relativos à interferência do *Uplink* LTE (UE) com 100% de carregamento no *site* fixo.

Tabela 19. TOV no site fixo (Uplink 100% Bloco 1, Canal 38)

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%					
Canal de TVD	38						
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Status de Imagem
Interna Passiva	Can Tuner	1,60	5,00	-74,00	-37,20	-36,80	Normal
		12,60	16,00	-65,30	-27,10	-38,20	Normal
		100,00	20,00	-56,60	-21,50	-35,10	Normal

Tabela 20. TOV no site fixo (Uplink 100% Bloco 2-3, Canal 39)

LTE	Bloco 2-3	Carregamento 100%					
Canal de TVD	39						
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Status de Imagem
Interna Passiva	Can Tuner	1,60	7,00	-74,30	-35,90	-38,40	Normal
		12,60	16,00	-66,20	-27,10	-39,10	Normal
		100,00	23,00	-58,30	-19,90	-38,40	Normal

Tabela 21. TOV no site fixo (Uplink 100% Bloco 2-5, Canal 40)

LTE	Bloco 2-5	Carregamento 100%					
Canal de TVD	40						
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Status de Imagem
Interna Passiva	Can Tuner	1,60	9,00	-74,20	-34,30	-39,90	Normal
		12,60	16,00	-67,70	-24,00	-43,70	Normal
		100,00	18,00	-55,80	-23,20	-32,60	Normal

## 7.2.2 Medidas de TOV do Uplink LTE (UE) com 100% de carregamento

As tabelas de 22 a 24 apresentam os resultados de TOV (*Threshold of Visibility*) relativos à interferência do Uplink LTE (UE) com 100% de carregamento no site fixo sobre o canal 51.

Tabela 22. TOV no site fixo (Uplink 100% Bloco 1, Canal 51)

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%					
Canal de TVD	51						
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Status de Imagem
Interna Passiva	Can Tuner	6,30	16,00	-74,40	-32,50	-41,90	Normal
		25,10	23,00	-57,80	-20,30	-37,50	Normal
		100,00	23,00	-51,20	-20,90	-30,30	Normal
	Silicon Tuner	6,30	23,00	-74,40	-20,60	-53,80	Normal
		25,10	23,00	-57,80	-20,30	-37,50	Normal
		100,00	23,00	-51,20	-20,90	-30,30	Normal

Tabela 23. TOV no site fixo (Uplink 100% Blocos 2-3, Canal 51)

LTE	Bloco 2-3	Carregamento 100%					
Canal de TVD	51						
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Status de Imagem
Interna Passiva	Can Tuner	6,30	14,00	-74,40	-30,90	-43,50	Normal
		25,10	21,00	-57,80	-22,10	-35,70	Normal
		100,00	21,00	-51,20	-21,80	-29,40	Normal
	Silicon Tuner	6,30	23,00	-74,40	-20,90	-53,50	Normal
		25,10	23,00	-57,80	-20,30	-37,50	Normal
		100,00	23,00	-51,20	-21,20	-30,00	Normal

Tabela 24. TOV no site fixo (Uplink 100% Blocos 2-5, Canal 51)

LTE	Bloco 2-5	Carregamento 100%					Status de Imagem
Canal de TVD	51						
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	
Interna Passiva	Can Tuner	6,30	12,00	-74,40	-32,10	-42,30	Normal
		25,10	20,00	-57,80	-23,00	-34,80	Normal
		100,00	23,00	-51,20	-21,00	-30,20	Normal
	Silicon Tuner	6,30	21,00	-74,40	-22,40	-52,00	Normal
		25,10	23,00	-57,80	-21,00	-36,80	Normal
		100,00	23,00	-51,20	-21,00	-30,20	Normal

### 7.2.3 Interferência do terminal móvel em competição de *tráfego*

A proposta deste teste foi avaliar o desempenho do receptor de TVD na presença de um terminal LTE que estivesse, ao mesmo tempo que outros dois terminais conectados ao mesmo setor da eNodeB, tentando transmitir com o máximo *throughput*.

A figura 10 apresenta o setup do teste. Informa-se que a CPE1 e a CPE2 estavam localizadas no site da ERB LTE. A UE estava localizada no site fixo há um metro da antena interna do receptor de TVD.

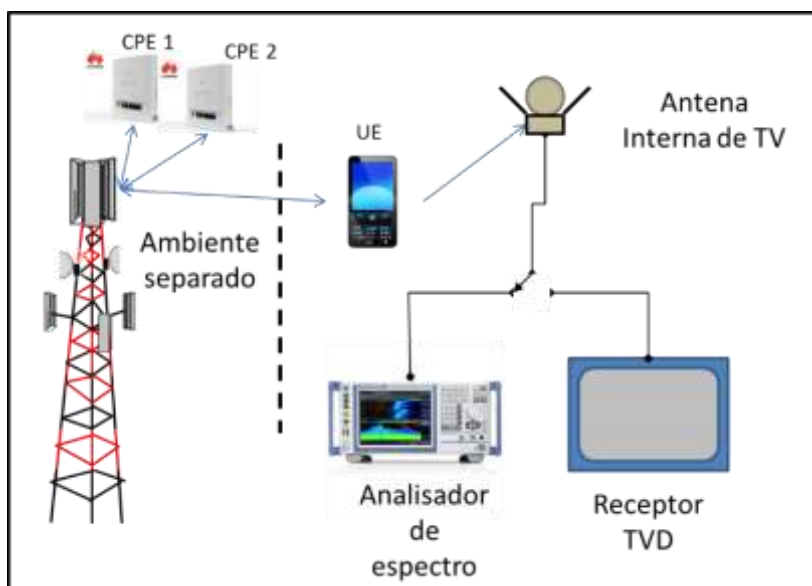


Figura 10 – Setup de Teste de interferência do terminal móvel em competição de tráfego

A tabela 24 traz o resultado do teste em que se fixou a potência do terminal do usuário em 14 dBm em competição de tráfego. Como referência de comparação traz também um resultado de um teste com *setup* similar à exceção que não havia competição por tráfego, em que a potência do terminal do usuário foi fixada em 16 dBm.

Tabela 24. Resultado do teste de interferência com e sem competição de tráfego (Uplink, Bloco 2-5 no canal 40)

LTE	Bloco 2-5	Throughput			Carregamento Dinâmico					
Canal de TVD	40	CPE1 [Mbps]	CPE2 [Mbps]	UE [Mbps]	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Status de Imagem
Interna Passiva	Can Tuner	25,00	25,00	22,20	12,60	14,00	-64,18	-28,27	-35,91	Bloqueada
		-	-	66,00	12,60	16,00	-67,70	-24,00	-43,70	Normal

Na tabela 24 a linha com o status da imagem “Bloqueada” refere-se ao resultado obtido quando havia competição de *throughput* entre os usuários. A linha com status de imagem “Normal” refere-se ao resultado obtido quando o terminal operava isoladamente.

Na comparação dos dois resultados, percebe-se que no caso onde há competição de *throughput* à condição de convivência é mais crítica em comparação a operação isolada do terminal.

Com base nestes resultados, em um cenário real onde existam dois ou mais usuários competindo por *throughput*, tem-se a expectativa de que a relação de proteção exigida deva ser mais crítica. Esta situação se aproxima da condição de carga máxima em 10% do tempo, conforme avaliado nos testes coordenados pela Anatel.

Esta condição de convivência afeta o comportamento do Controle Automático de Ganho do receptor de TVD, tornando-o mais suscetível à interferência.

#### 7.2.4 Avaliação da Mitigação de interferência por frequência imagem (FI) do Uplink LTE (100% de carregamento) com o uso de filtro para canais

Tabela 25. Resultados de testes de mitigação de interferência por frequência imagem do Uplink LTE @100% (Bloco 1) com o uso de filtro na recepção de TVD (Canal 38)

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%						Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Canal de TVD	38	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]				
Interna Passiva	Can Tuner	1,60	23,00	-75,80	-34,80	-41,00	Proeletronic	Bloqueada	Não Efetivo	
		1,60	23,00	-75,80	-25,60	-50,20	Yagi	Bloqueada	Não Efetivo	
		12,60	23,00	-66,30	-25,60	-40,70	Yagi	Normal	Não Efetivo (1)	
		13,20	23,00	-71,20	-34,80	-36,40	Proeletronic	Normal	Não Efetivo (1)	

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

Tabela 26. Resultados de testes de mitigação de interferência por frequência imagem do Uplink LTE @100% (Blocos 2-3) com o uso de filtro na recepção de TVD (Canal 39)

LTE	Bloco 2-3	Carregamento 100%					Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Canal de TVD	39	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]			
Interna Passiva	Can Tuner	1,60	23,00	-75,90	-51,70	-24,20	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	23,00	-74,40	-32,20	-42,20	Yagi	Bloqueado	Não Efetivo
		3,20	23,00	-71,50	-32,20	-39,30	Yagi	Normal	Não Efetivo (1)

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD



Tabela 27. Resultados de testes de mitigação de interferência por frequência imagem do Uplink LTE @100% (Blocos 2-5) com o uso de filtro na recepção de TVD (Canal 40)

LTE	Bloco 2-5	Carregamento 100%					Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Canal de TVD	40	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]			
Antena Interna Passiva	Receptor Can Tuner	1,60	23,00	-74,20	-53,40	-20,80	Proeletronic	Normal	Efetivo
		3,20	23,00	-72,70	-34,10	-38,60	Yagi	Normal	Não Efetivo (1)

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

Das tabelas 25 a 27 para os receptores ensaiados nota-se que a rejeição de cada um dos filtros não foi suficiente para mitigar a interferência decorrente do Uplink nos receptores *can tuner* e *silicon tuner*.

Como ambos os filtros não mitigaram todos os casos testados indica-se a necessidade de estudar a possibilidade de desenvolver filtros mais seletivos.

Tabela 28. Resultado do teste de mitigação da interferência do Uplink LTE @100% (Bloco 1) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TVD

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%					Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Canal de TVD	51	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]			
Antena Interna Passiva	Receptor Can Tuner	1,60	23,00	-75,40	-34,70	-40,70	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	23,00	-75,40	-25,60	-49,80	Yagi	Bloqueado	Não Efetivo
		3,20	23,00	-69,60	-25,60	-44,00	Yagi	Normal	Não Efetivo (1)
	Receptor Silicon Tuner	1,60	23,00	-75,40	-34,70	-40,70	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	23,00	-75,40	-25,60	-49,80	Yagi	Normal	Efetivo

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

Tabela 29. Resultado do teste de mitigação da interferência do Uplink LTE @100% (Blocos 2-3) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TVD

LTE	Bloco 2-3	Carregamento 100%					Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Canal de TVD	51	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]			
Antena Interna Passiva	Receptor Can Tuner	1,60	23,00	-75,40	-51,70	-23,70	Proeletronic	Bloqueado	Não Efetivo
		1,60	23,00	-75,40	-32,20	-43,20	Yagi	Bloqueado	Não Efetivo
		3,20	23,00	-71,70	-30,70	-41,00	Proeletronic	Normal	Não Efetivo (1)
	Receptor Silicon Tuner	3,20	23,00	-69,40	-30,70	-38,70	Yagi	Normal	Não Efetivo (1)
		1,60	23,00	-75,40	-51,70	-23,70	Proeletronic	Normal	Efetivo
		1,60	23,00	-75,40	-32,20	-43,20	Yagi	Normal	Efetivo

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

Tabela 30. Resultado do teste de mitigação da interferência do Uplink LTE @100% (Blocos 2-5) sobre o canal 51 com o uso de filtro na recepção de TVD

LTE	Bloco 2-5	Carregamento 100%					Filtro	Status de Imagem	Efetividade do Filtro
Canal de TVD	51	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]			
Antena Interna Passiva	Receptor Can Tuner	1,60	23,00	-78,00	-53,40	-24,60	Proeletronic	Bloqueado	Não Efetivo
		1,60	23,00	-74,30	-34,10	-40,20	Yagi	Bloqueado	Não Efetivo
		3,20	23,00	-71,60	-53,40	-18,20	Proeletronic	Normal	Não Efetivo (1)
	Receptor Silicon Tuner	3,20	23,00	-69,60	-34,10	-35,50	Yagi	Normal	Não Efetivo (1)
		1,60	23,00	-78,00	-53,40	-24,60	Proeletronic	Bloqueado	Não Efetivo
		1,60	23,00	-74,30	-34,10	-40,20	Yagi	Bloqueado	Não Efetivo
	Receptor Can Tuner	3,20	23,00	-71,60	-53,40	-18,20	Proeletronic	Normal	Não Efetivo (1)
		3,20	23,00	-69,60	-34,10	-35,50	Yagi	Normal	Não Efetivo (1)

(1) Para a obter a recepção satisfatória foi necessário aumentar a potência de TVD

Das tabelas 28 a 30 para os receptores ensaiados nota-se que a rejeição de cada um dos filtros não foi suficiente para mitigar a interferência decorrente do Uplink nos receptores *can tuner* e *silicon tuner*.

Como ambos os filtros não mitigaram todos os casos testados indica-se a necessidade de estudar a possibilidade de desenvolver filtros mais seletivos.

### 7.2.5 Análise de interferência de LTE sobre TVD com o uso de atenuador

Tabela 31. Resultado do teste de mitigação da interferência do *Uplink* LTE @100% (Bloco 1) sobre o canal 51 com o uso de atenuador na recepção de TVD

LTE	Bloco 1	Carregamento 100%						
Canal de TVD	51							
Antena	Receptor	Tx Tv [W]	Tx LTE [dBm]	Rx TV [dBm]	Rx LTE [dBm]	RxTv - Rx LTE [dB]	Atenuação [dB]	Status de Imagem
Interna Passiva	Can Tuner	15,80	23,00	-74,40	-35,50	-38,90	10,00	Normal
	Silicon Tuner	6,30	23,00	-72,60	-33,10	-39,50	6,00	Normal

O uso de atenuadores a frente da recepção de TVD modifica a condição da relação de convivência entre os sistemas de TVD e LTE. Nos casos testados o exercício de atenuação somente foi viabilizado pela disponibilidade de sinais de TVD elevados.

Esta condição de convivência afeta o comportamento do Controle Automático de Ganho do receptor de TVD, tornando-o mais suscetível à interferência.

## 8. Avaliação da degradação do MER (Taxa de Erro de Modulação) causada pelo uso de filtro passa-baixa na recepção de TVD.

A tabela 32 apresenta os resultados das medições de MER com e sem o uso de filtro na entrada do analisador de espectro, para os canais de TVD 38, 39, 40, 47, 48, 49 e 51.

Tabela 32. Medições de MER

Canal	Potência do TX [W]	Potência de RX [dBm]	Filtro	MER [dB]
38	12,6	-62,9	Sem Filtro	23,8
	12,6	-65,0	Com Filtro Proeletronic	23,2
	12,6	-62,7	Com Filtro - Yagi	23,8
39	12,6	-63,0	Sem Filtro	25,7
	12,6	-65,8	Com Filtro Proeletronic	24,5
	12,6	-63,9	Com Filtro - Yagi	25,4
40	12,6	-63,4	Sem Filtro	27,8
	12,6	-65,9	Com Filtro Proeletronic	25,7
	12,6	-63,4	Com Filtro - Yagi	27,3
47	12,6	-65,9	Sem Filtro	22,0
	12,6	-71,0	Com Filtro Proeletronic	21,6
	12,6	-67,5	Com Filtro - Yagi	24,6
48	12,6	-65,1	Sem Filtro	25,3
	12,6	-69,6	Com Filtro Proeletronic	22,4
	12,6	-67,1	Com Filtro - Yagi	25,3
49	12,6	-65,9	Sem Filtro	25,8
	12,6	-69,8	Com Filtro Proeletronic	22,6
	12,6	-68,4	Com Filtro - Yagi	21,2
51	12,6	-62,3	Sem Filtro	24,1
	12,6	-73,5	Com Filtro Proeletronic	19,0
	12,6	-70,9	Com Filtro - Yagi	20,5

Pode se notar pela tabela que o uso de filtro causa uma degradação acentuada na MER obtida do sinal recebido do canal 51, pois o fim da faixa do canal 51 é próximo da frequência de corte do filtro, região onde ocorre mudança abrupta de fase do sinal.

## 9. Avaliação de *Throughput* do *Uplink* do LTE na presença do sinal de TVD

Tabela 33. Registro de *Throughput* do *Uplink* do LTE com 100% de carregamento

Bloco LTE	Throughput			Tx	
	CPE1 [Mbps]	CPE2 [Mbps]	UE [Mbps]	Tv [W]	LTE [dBm]
Bloco 1 (5 MHz)	n/d	n/d	14,00	1~100	dinâmico
Bloco 2-3 (10 MHz)	n/d	n/d	30,00	1~100	
Bloco 2-5 (20 MHz)	n/d	n/d	66,00	1~100	
Bloco 2-5 (20 MHz)	25,00	25,00	22,20	1~100	

As CPEs foram testadas apenas no bloco 2-5 e forma localizadas próximas a eNodeB

n/d - Testes não realizados

Os valores de *throughput* obtidos para o *Uplink* não sofreram variação por efeito dos canais de TVD 38,39, 40 e 51 nas condições de testes.

## 10. Conclusão

Estes testes foram realizados em esforço conjunto dos setores impactados pela nova destinação da faixa espectral de 700 MHz. Teve-se por objetivo a complementação e o esclarecimento de dúvidas em relação aos testes realizados entre janeiro e abril de 2014, sob a coordenação da Anatel.

Ressalta-se que o esforço para a realização destes testes foi motivado pela expectativa de resultados adicionais aos obtidos nos testes coordenados pela Anatel, de modo a possibilitar uma análise mais segura para a convivência entre os sistemas, conforme previsto na regulamentação.

É recomendável que se desenvolva esforço no sentido de disponibilizar eNodeBs e CPEs/UEs, para uso na faixa de 700 MHz na tecnologia LTE, com melhor desempenho quanto à máscara de emissões indesejáveis, em relação às especificações da Resolução nº 625/2013 da Anatel. Tal assunto deve ser tratado nos fóruns pertinentes.

As emissões indesejáveis oriundas dos equipamentos LTE que se sobrepõe às frequências dos canais de TVD, não são mitigáveis com filtragem na recepção de TVD. Os limites de emissão indesejáveis atualmente definidos requerem revisão que permita a convivência entre os sistemas.

Em relação aos testes de interferência do *Downlink* e *Uplink* LTE na TVD comprova-se que há a necessidade de se obter uma relação de proteção mínima que assegure a recepção de TVD. Nos casos onde estes limites de proteção não são atendidos exige-se a interposição de ações de mitigação. Nos cenários onde se avaliou a mitigação de interferência por uso de filtros constatou-se que os mesmos não foram suficientes em todas as situações. Na avaliação da influência do filtro na recepção de TVD constatou-se efeito de degradação do MER. Portanto, recomenda-se que parâmetros mínimos de desempenho de filtros constem no regulamento de interferência da Anatel.

Do teste de interferência do Uplink com competição de tráfego conclui-se que a relação de proteção é mais crítica do que aquela obtida com carregamento de 100%. A mitigação de interferência deve ser dimensionada de forma a atender a convivência entre os sistemas em competição de tráfego que reflete uma situação real de uso.

Nos cenários testados não foram observados efeitos da TVD no *throughput* do *Uplink* do LTE.

Para que seja viabilizada a convivência dos sistemas na atribuição espectral definida pela Resolução nº 625/2013 é recomendável que se ajuste a regulamentação para o atendimento às restrições identificadas neste relatório.

A partir das relações de proteção identificadas e apresentadas neste relatório, complementando os anteriores, sugere-se que tais informações contribuam para um estudo que determine o custo integral das ações de mitigação a fim de

permitir a implantação dos sistemas LTE na faixa preconizada no Edital de Licitação.